

NOISE REDUCING METHOD

Patent Number: JP9089356
Publication date: 1997-04-04
Inventor(s): HOSHINO TSUTOMU; OGA TOSHIRO; OHASHI TADASHI
Applicant(s):: FUJITSU LTD
Requested Patent: ☐ JP9089356
Application JP19950246189 19950925
Priority Number(s):
IPC Classification: F24F13/02
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To more effectively reduce noise by providing a wire net having a small turbulence speed attenuation factor and improving a muffling effect when an air current rectifying wire net is arranged in a duct 80 that the noise is reduced under an active noise control.

SOLUTION: A rectifying wire net 10 is provided near a blower 1 in a duct 2 and a noise detecting microphone 5, a speaker 7 and an error collecting microphone 8 are provided in the downstream side thereof. An optimum position in which the wire net 10 is provided is determined whether the coherence function of the outputs of the microphones 5 and 8 reaches a maximum or not in a wide band. Thus, when various kinds of wire nets 10 are sequentially arranged in the determined position so as to learn the coefficient of a filter and examine an effect under an active noise control, the smaller a turbulence speed attenuation factor, the more increased a noise elimination. Accordingly, the noise elimination in the duct having a high speed air current is improved by the wire net.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-89356

(43) 公開日 平成9年(1997) 4月4日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F 2 4 F 13/02

F 2 4 F 13/02

H

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願平7-246189	(71) 出願人	00005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22) 出願日	平成7年(1995) 9月25日	(72) 発明者	星野 勉 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(72) 発明者	大賀 寿郎 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(72) 発明者	大橋 正 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 小林 隆夫

(54) 【発明の名称】 騒音低減方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は空調ダクト、冷却用ダクト等の空気を通すダクトで発生する騒音を低減する騒音低減方法に関し、整流効果の評価基準と能動騒音制御の消音効果との関係に新たに着目し、その知見に基づいて一層効果的な騒音低減を実現することを目的とする。

【解決手段】 ダクト内に気流整流用の金網を配置して能動騒音制御により騒音低減を行う場合に、該金網として擾乱速度減衰率の小さいものを配置することで消音効果を高めるようにした。

騒音低減の効果を示すテーブル

金網 No.	開口率 [%]	金網目数 [mesh]	擾乱速度減衰率 A	消音量 [dB(A)]	備考
a	45.8	10	—	4.7	αで1015を2枚使用
b	48.5	22	0.10	4.5	
c	49.7	5	0.31	4.2	
d	55.2	10	—	4.1	αで1015を2枚使用
e	58.4	12	0.36	4.2	
f	67.7	10	0.7※※※	3.8	
g	74.3	10	0.8※※※	3.6	
h	78.0	3	0.8	3.6	
i	—	金網不使用	—	2.6	

【特許請求の範囲】

【請求項1】ダクト内に気流整流用の金網を配置して能動騒音制御により騒音低減を行う場合に、該金網として擾乱速度減衰率の小さいものを配置することで消音効果を高めるようにした騒音低減方法。

【請求項2】ダクト内に擾乱速度減衰率の小さい気流整流用の金網を配置して低域騒音を低減させる騒音低減方法。

【請求項3】上記金網の配置により発生する高域騒音をダクト内壁に吸音材を取り付けることで低減させる請求項2記載の騒音低減方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は空調ダクト、冷却用ダクト等の空気を通すダクトで発生する騒音を低減する騒音低減方法に関する。近年、労働環境の改善などが望まれており、冷暖房完備のオフィスはもとより、OA化の進んだオフィス空間が一般的になってきている。これに伴い、従来では目立たなかった空調装置のダクトの空気騒音が問題になり始め、解決が望まれている。

【0002】

【従来の技術】従来は、空調ダクト、冷却用ダクト等の内壁に吸音材を貼り、吸音処理することで騒音を低減していた。この吸音材としては、一般的な目安として吸音させるべき騒音の波長の $1/4$ の厚さの吸音材が必要なため、特に低域の騒音を十分に吸音させるにはかなり厚い吸音材が必要となり、ダクトが非常に大規模なものになってしまう。また、内壁に厚い吸音材を貼ると空気抵抗を生み、吸排気効率が悪くなるという問題点があった。

【0003】このため、80年代の終わり頃から空調ダクトに能動騒音制御(ANC: Active Noise Control)を適用することが始まった。能動騒音制御は、図3にその処理系が示されるように、装置内等の空気を送風機1でダクト2を通して排出する構成において、ダクト2内の送風機1側に騒音検出マイクロホン5を配置するとともに、ダクト排気口側に騒音消去用のスピーカ7と誤差収集マイクロホン8を配置し、騒音検出マイクロホン5で検出した騒音と誤差収集マイクロホン8で検出した誤差とに基づいて消音用適用フィルタ6でその騒音と同振幅、逆位相の消去用信号を生成してダクト排気口側のスピーカ7から放音することで、ダクト2内を伝播してきた騒音にその消去用信号音を重ね合わせて騒音を消去するものである。

【0004】この能動騒音制御を室内空調用の空調ダクトに適用する場合、空調ダクトはビル等の比較的大きな室内に用いることが普通であるので、ダクト自体の形状はストレート形状にでき、ダクト内部の気流も乱れが少なく排出できる。そのため、能動騒音制御を適用する上で制御を困難にさせる要因はあまり無い。

【0005】一方、能動騒音制御の適用範囲をより狭い空間、例えば個人の家の個室に設置された空調ダクト、あるいはOA機器の内部冷却用ダクト等まで広げようとする場合、これらの適用装置ではダクトを小型化せざるを得ず、よって風を抵抗無しに流すことが困難になる。特にダクト長が短くなると、風の流れをスムーズにさせるための助走区間も確保できない。この結果、風の乱れが発生してこの乱れによりダクト内の音の相関が得られなくなり、騒音と同振幅、逆位相の消去音を消音用適用フィルタ6で正確に生成できなくなる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】そのため、特に高速の気流を伴う上述のようなダクトへ能動騒音制御を適用する場合、気流の乱れにより制御性能が劣化する。この対策として、気流の乱れを整えるために、整流用織金網をダクト流路に入れることが一般的であり、整流効果の評価基準もある。金網を能動騒音制御に用いた例は既に報告されている。

【0007】しかし、従来、整流効果の評価基準と能動騒音制御の消音効果との関係については着目されておらず未知であった。よってこの関係を明確にし、制御効果を判断できるよう設計法として確立し、効果的な騒音低減を行えるようにする必要がある。

【0008】したがって本発明は整流効果の評価基準と能動騒音制御の消音効果との関係に新たに着目し、その知見に基づいて一層効果的な騒音低減を実現することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決するために、本発明においては、ダクト内に気流整流用の金網を配置して能動騒音制御により騒音低減を行う場合に、該金網として擾乱速度減衰率の小さいものを配置することで消音効果を高めるようにした騒音低減方法が提供される。すなわち、図1に例示されるように、擾乱速度減衰率Aが小さい金網ほど高い消音効果が得られる。

【0010】また本発明においては、他の形態として、ダクト内に擾乱速度減衰率の小さい気流整流用の金網を配置して低域騒音を低減させる騒音低減方法が提供される。この騒音低減方法においては、上記金網の配置により発生する高域騒音をダクト内壁に吸音材を取り付けることで低減させるようにすることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する

実施例1

能動騒音制御の効果を判断する設計法を確立するため、以下の装置を用いて検証実験を行う。図2にはこの実験装置の概要が示される。この実験装置では送風機1を遮音性能約-30dB(A)の防音箱9内に設置する。ダクト内径はH:130×W:140、ダクト外径はH:16

0×W:160である。ここでHは高さ、Wは幅を表し、単位はmmである。送風機1とダクト2の接続部で断面積変化があり、損失係数 $\xi=0.59$ に相当する圧力損失がある。ダクト2内平均風速は約12m/sである。ダクト2内のレイノルズ数 $Re = \rho \cdot L \cdot v / \eta$ は、空気温度を20°Cと仮定して、 1.05×10^6 である。

【0012】ダクト2内には整流用織金網10（以下、単に金網とする）を送風機1よりに設置し、金網10の下流側に騒音検出マイクロホン5、スピーカ7、誤差収集マイクロホン8をそれぞれ配置する。最大静圧60mmH₂Oの送風機1を1基用いているので、開口率45%~78%程度の金網を流路に入れても、ダクト内平均風速（以下、風速とする）はあまり変化しない。発生する騒音の殆どはダクト内部を通して排気口4から外部に放射される。無響室で実測したところ、測定位置を排気口4の端から10cm離れた位置とした場合、排気口4から外へ放射される騒音と周囲の暗騒音との差は-15dB(A)以上であった。

【0013】騒音検出マイクロホン5と誤差収集マイクロホン8は風防効果を狙って、厚さ20mmの吸音材12の内部に埋め込み設置する。処理系は図3に示すFilt

$$Re = \rho \cdot L \cdot v / \eta \quad (1)$$

$$K = 6(1-\beta)\beta^{-2} \cdot Re^{-1/3} \quad (2)$$

$$\alpha = 1.1(1+k)^{-1/2} \quad (3)$$

$$A = \Delta u_2 / \Delta u_1 = (1+\alpha-\alpha k) / (1+\alpha+k) \quad (4)$$

【0018】

但し、(2)式は $60 > Re > 600$ で有効

(3)、(4)式は $K > 0.7$ で有効

Re : 金網部レイノルズ係数

ρ : 流速密度 [$g \cdot cm^{-3}$]

L : 金網線径 [cm]

v : 流速 [cm/s]

η : 粘性率 [$g \cdot cm^{-1} \cdot sec^{-1}$]

K : 抵抗係数

β : 開口面積比（開口率） [$\times 100\%$]

α : 流出角係数

A : 擾乱速度減衰率

Δu_1 : 金網の上流擾乱速度

Δu_2 : 金網の下流擾乱速度

である。開口率 β は1インチ四方の面積に対する開口部（風が通過する部分）の比率である。

【0019】〔各種金網に対する能動騒音制御の効果〕ダクト2内に種々の種類（金網）を順番に設置して消音量を測定するとともに、それらの金網について擾乱速度減衰率Aを上記近似式で求めて示したものが図1のテーブルである。金網の種類については擾乱速度減衰率Aから判明した整流効果の高いと予想される金網aから、開口率の小さい順にhまでに準備した。

【0020】図1では、金網としてa~iの9つがあ

ered-X NLMS法等によるものを用いる。

【0014】送風機1による騒音を送風機1の近くに設置した騒音検出用マイクロホン5により取り出し、消音用適用フィルタ6に入力した後、消音用適用フィルタ6で生成した消去用信号をスピーカ7に出力する。この消音用適用フィルタ6では、スピーカ7の前面近くにおいて、先の送風機1により発生し伝播してきた騒音波形に対し、送風機1のダクト2内の騒音伝播経路を模擬することにより、騒音波形と同振幅、逆位相の消去用信号を作成する。そしてスピーカ7の前面近くにおいて、誤差検出用マイクロホン8を設け、消し残りの音を検出し、この情報を消音用適用フィルタ6に戻し、フィルタ係数が最適となるよう修正する。

【0015】金網整流効果の評価基準と能動騒音制御効果の関係についてこの実験装置を用いて以下のような結果を得た。

【0016】〔整流効果の試算〕金網の整流効果を表す、擾乱速度減衰率Aを図2のダクト条件に照らし合わせて以下の近似式により求め判断した。結果を図1に示す能動騒音制御の効果と共に示す。

【0017】まず、近似式を示す。

り、このうちiは金網をダクト内に設置していない場合（金網不使用の場合）である。また金網aは金網fを2枚縦段にダクト2内に配置したもの、金網dは金網gを2枚縦段にダクト2内に配置したものであり、いずれも2枚の金網の間隔はダクト内径と同一とし、開口率は1枚時の2乗で表している。図1のテーブル中の金網目数は1インチ四方にある金網の目数で示してある。また、テーブル中に※印で示した擾乱速度減衰率Aは前述の(3)、(4)式の近似範囲外のため、誤差が大きくなっている。

【0021】この図1の結果を得るにあたっては、はじめに金網aを用いて金網を入れる流路内の最適位置を調査し、その最適位置の評価は騒音検出用マイクロホン5と誤差収集用マイクロホン8の出力同士の相関係数が、広い帯域で最大になるかどうかで行っている。それによって判明した位置へ種々の金網10を順次に入れ、その都度、フィルタの係数を学習させて能動騒音制御による効果を調査する。図4に各金網a~iを用いた場合の能動騒音制御による消音量の周波数特性を示す。消音量と周波数特性はダクト排気口から100mm離れた位置で測定している。この図4から分かるように、周波数500Hz付近ではb、a、c、d、e、f、g、hの順で消音効果が高い。

【0022】このように金網の使用によりその擾乱速度

減衰率 A が小さいほど消音量が明らかに上昇する。また、①消音量はほぼ開口率に依存する、②開口率が同程度の場合、目数が多いほど消音量が向上する、との結論が得られる。具体的には金網 c と金網 b の例より、擾乱速度減衰率 A が 0.31 の金網 c に対して擾乱速度減衰率 a が 0.10 の金網 b では 0.3 dB(A) の消音量向上の効果を得ることができる。金網 h と金網 g で目数 3 から 10 への変化では消音量 0.2 dB(A) の消音量向上の効果を得ることができる。

【0023】上記の結果より、図 2 の如く、上流部損失係数 $\xi = 0.59$ に相当する圧力損失⁽⁴⁾があり、ダクトの内径が $W:140 \times H:130$ 、内部流速 12 m/s の場合、金網の持つ擾乱速度減衰率 A で能動騒音制御の消音量がどの程度改善するか判明し、消音量を大きくするためには、より小さい擾乱速度減衰率 A の金網を用いて設計すればよいことが分かる。上記のダクト系から逸脱しても設計法として相対的な関係は利用できる。さらに上記検討結果のダクト内のレイノルズ数 1.05×10^6 や上流部の損失係数 $\xi = 0.59$ に近ければ、それだけ目的とした消音量に対し精度よく使用金網が設計できる。

【0024】実施例 2

他の実施例として、図 2 のようなダクトで流速 6 m/s 、ダクトの内径 $H:260 \times W:280$ の場合、これもレイノルズ数 $Re = \rho \cdot L \cdot v / \eta$ は 1.05×10^6 で、上記図 2 と流れの状態は同一である。また、金網部のレイノルズ数も図 1 のテーブルの線径に対して 2 倍の線径を持たせる。この場合、流速 6 m/s でのレイノルズ数は図 1 のテーブルと同一となる。

【0025】ダクトとプロアの接続が図 2 と同様の断面積比率でダクト部で急激に断面積拡大している場合、接続部の損失係数は $\xi = 0.59$ である。よって、(1) ~ (4) 式を使用し擾乱速度減衰率 A を求めることにより、図 1 のテーブルのように消音量に対し、精度よく使用金網が設計できる。

【0026】実施例 3

図 5 は能動騒音制御を行わずに（すなわち図 2 の処理系を作動させずに）ダクト内に金網だけを配置した場合の騒音消去の周波数特性を示すものである。金網による全帯域での消音効果は余りないが、金網 b （図中に○印で示す特性）は 200 Hz 以下での消音効果が大きく、 63 Hz の帯域では、金網不使用時（図中の×印で示す特性）に比べ 3 dB 騒音の低減効果があることが分かる。

【0027】しかし、金網 b の風切り音による騒音が大きくなっている周波数（約 6 kHz ）では約 4 ~ 6 dB 騒

音が上昇している。

【0028】一方、この高域側の帯域の 4 ~ 6 dB の騒音は吸音材で容易に吸音が可能である。しかし低域側の 63 Hz の帯域では吸音は吸音材が厚くなるので困難である。よって、擾乱速度減衰率 A の低い金網（例えば金網 b では $a = 0.31$ ）では低域騒音の減衰（実際には騒音の発生抑制）効果があるので、これを利用してダクト内に擾乱速度減衰率 A の低い金網を設置して低域騒音を減衰させるとともに、この金網の設置により発生する高域側の騒音は吸音材で吸音するようにする。金網の選択は擾乱速度減衰率 A に基づいて行う。具体的には擾乱速度減衰率が小さい金網ほど低域騒音の低減効果がある。

【0029】

【発明の効果】高速の気流を伴うダクトにおける消音量が金網により改善される。これは能動騒音制御の消音量向上にも大いに役立つ。また、擾乱速度減衰率と消音量との関係をはじめ、消音量はほぼ金網の開口率に依存することや、開口率が同程度の場合ならば目が細かければより消音量が向上する、などの結果を金網の設計に反映させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施例における種々の金網を用いての能動騒音制御の効果を示すテーブルである。

【図 2】実施例における実験装置の概略を示す図である。

【図 3】能動騒音制御の処理系を示すブロック図である。

【図 4】実施例における実験結果の周波数特性を各金網について示す図である。

【図 5】他の実施例における実験結果の周波数特性を各金網について示す図である。

【符号の説明】

- 1 送風機
- 2 ダクト
- 3 吸気口
- 4 排気口
- 5 騒音検出マイクロホン（または音響電気変換器）
- 6 消音用適応フィルタ
- 7 スピーカ（または音響電気変換器）
- 8 誤差収集マイクロホン（または音響電気変換器）
- 9 防音箱
- 10 金網
- 11 スピーカボックス
- 13 吸音材

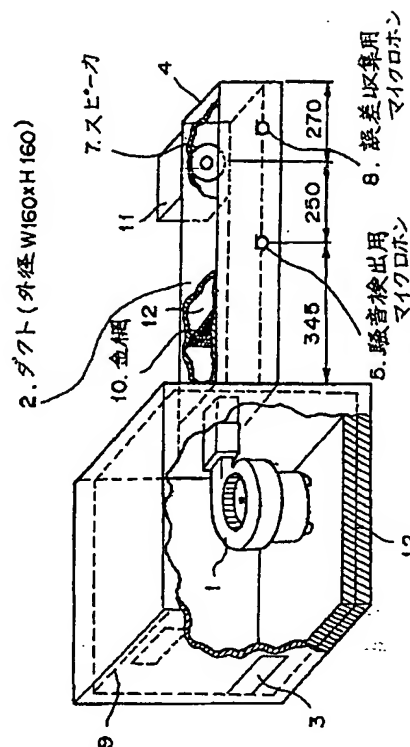
【図1】

【図2】

騒音低減の効果を示すテーブル 実験装置の概要

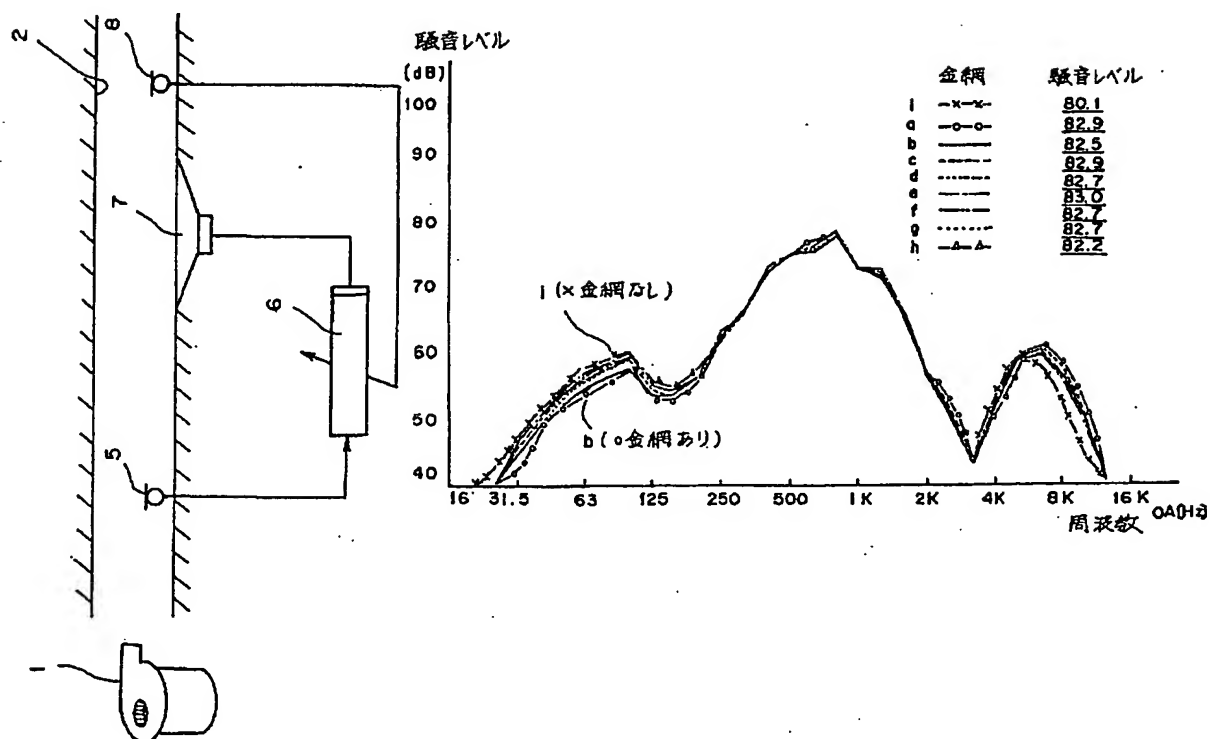
金網 No.	開口率 [%]	金網目数 [mesh]	騒音減衰率A	消費量 [dB(A)]	備考
a	45.8	10	—	4.7	aではfを2枚使用
b	48.5	22	0.10	4.5	
c	49.7	5	0.31	4.2	
d	55.2	10	—	4.1	dではgを2枚使用
e	58.4	12	0.36	4.2	
f	67.7	10	0.7※	3.8	
g	74.3	10	0.8※	3.6	
h	78.0	3	—	2.6	
i		金網不使用	—	—	

【図3】



能動騒音制御の処理系

【図5】



【図4】

消音低減制御の周波数特性

